

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТЕОРИТА СЕЙМЧАН НА РОСТ И СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Бегунова А.С., Камалов Р.В., Яковлев Г.А., Гроховский В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург,
n.s.begun@gmail.com

Метеорит Сеймчан относится к классу палласитов главной группы (PMG). Металлическая часть метеорита составляет значительную часть метеорита и представлена, в основном, сплавами железа и никеля. В работе приводятся результаты экспериментов по синтезу углеродных нанотрубок и наноструктур на поверхности метеорита Сеймчан методом химического парофазного осаждения.

Синтез углеродных нанотрубок (УНТ) методом химического парофазного осаждения (CVD) необходимо осуществлять на поверхностях, содержащих зародыши для формирования углеродных структур. Предпочтительные подложки для бескаталитического синтеза – железо, никель, кобальт [Ding, 2008].

Используемый в работе образец метеорита представлен камаситом (α -фаза (Fe,Ni) с 4–7.5 мас.% Ni), тэнитом (γ -фаза (Fe,Ni) с 20–50 мас.% Ni), плесситом (мелкодисперсная смесь камасита и тэнита), шрейбрезитом ((Fe,Ni)₃P), включениями рабдита ((Fe,Ni)₃P). В результате медленного охлаждения (7 °C/млн. лет) в метеорите сформировалась видманштеттенова

структура [Yang, 2010; Buchwald, 1975]. Исследование образца производилось с помощью инвертированного оптического микроскопа Zeiss Axiovert 40 MAT и сканирующего электронного микроскопа Zeiss SIGMA VP. Концентрация железа и никеля в областях образца была исследована методами энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Целью исследования было проследить зависимость роста наноструктур на поверхности метеорита от состава и структуры подложки.

Образец метеорита был подготовлен по стандартной методике приготовления металлографических шлифов, затем подвергнут травлению в 1.5% растворе HNO₃ в C₂H₅OH в течение 10 минут для получения более развитой поверхности подложки. Углеродные нанотрубки синтезировали методом CVD на автоматизированной установке CVDomna, в реакционную зону которой подавалась парогазовая смесь, содержащая этиловый спирт (95 %). Процесс пиролиза этанола проводился при температуре 600 °C и давлении 15 кПа в течение 10 минут. Охлаждение образца проводилось в вакууме.

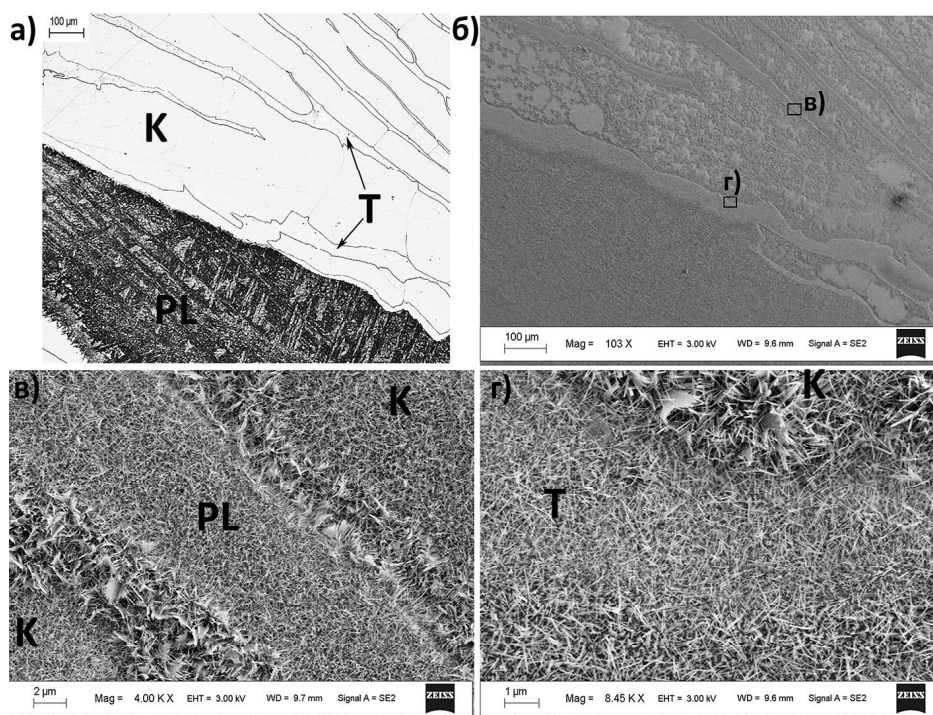


Рис. 1. Изображение поверхности метеорита Сеймчан до и после CVD: а) оптический микроснимок метеорита до синтеза (К – камасит, Т – тэнит, PL – плессит); б) снимок СЭМ метеорита Сеймчан после CVD; в) снимок СЭМ тэнитной балки после CVD; г) снимок СЭМ границы камасит-тэнит после CVD

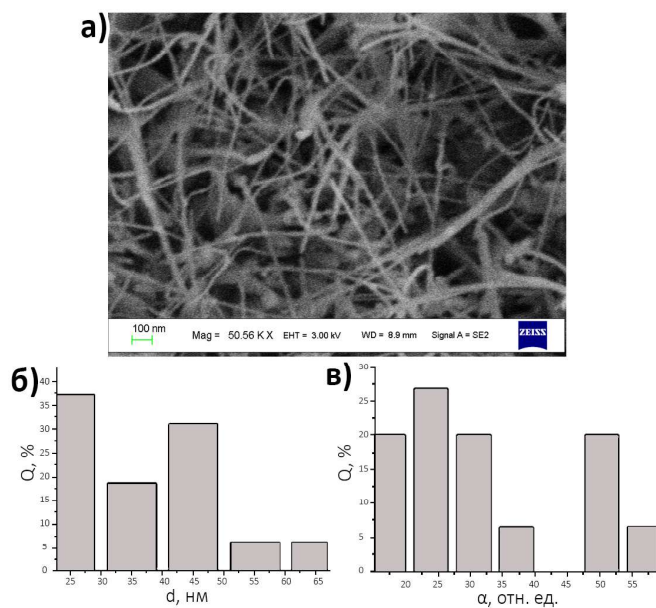


Рис. 2. Углеродные нанотрубки, синтезированные на поверхности камасита: а) снимок СЭМ УНТ; б) распределение диаметров трубок; в) распределение аспектных отношений трубок

Исследование образцов при помощи сканирующего электронного микроскопа позволило установить, что морфология синтезированных на поверхности метеорита структур тесно связана с исходной поверхностью образца. На рисунках 1а и 1б показано, что полученные нанообразования определяются структурой поверхности метеорита. В области повышенной концентрации никеля (49 мас. %) на границе камасита и тетраэзнита были сформированы пластинчатые структуры (рисунок 1в), механизм образования которых до сих пор не ясен. Исследование образованных структур методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии позволяет предположить, что они состоят из углерода и оксидов железа и никеля. Подобные структуры, полученные в результате высокотемпературного окисления железа, были получены

в [Vincent, 2012]. Наиболее качественные углеродные нанотрубки были получены на поверхности камасита, средний диаметр УНТ составил 25 нм, среднее аспектное отношение (отношение длины трубки к её диаметру) составило 25. Изображение трубок и гистограммы распределения диаметров и аспектных отношений приведено на рисунке 2.

Проведённые эксперименты доказывают, что направленность и форма наноструктур, синтезированных на поверхности металлической части метеорита Сеймчан, зависят от её структурного и химического состава. Продемонстрированы различные наноструктуры, полученные на поверхности камасита, тэзнита и плессита. Дальнейшие эксперименты направлены на выявление зависимости параметров УНТ от степени травления подложки и сравнение диаметров исходных структурных составляющих метеорита с диаметрами УНТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buchwald V.F. Primary Structures of Iron Meteorites. Handbook of Iron Meteorites // The UC Regents. 1975. V.1. P. 115-124.
2. Ding F., Larsson P., Larsson J.A., et. all. The importance of strong carbon-metal adhesion for catalytic nucleation of single-walled carbon nanotubes // Nano Lett. 2008. V.8(2). P. 463-471.
3. Vincent T., Gross M., Rothschild A. Thermally oxidized iron oxide nanoarchitectures for hydrogen production by solar-induced water splitting // Int. J. Hydrog. Energy. 2012. V.37(9) P. 8102-8109
4. Yang J., Goldstein J.I., Scott E.R.D. Main-group pallasites: Thermal history, relationship to IIIAB irons, and origin // Geochim. Cosmochim. Acta. 2010. V.74. P. 4471-4492.